

dr inż. Witold MILUSKI

dr hab. inż. Jan PIETRASIŃSKI

dr inż. Maciej PODCIECHOWSKI

*Wojskowa Akademia Techniczna*

## SPECJALIZOWANA KARTA POMIAROWA Z WYKORZYSTANIEM FFT

### Streszczenie

Nowa jakość projektowania sprzętu elektronicznego oparta na technologii PLD daje możliwość opracowania i produkcji specjalizowanych układów realizujących funkcje złożonych systemów przetwarzania sygnałów cyfrowych. W referacie przedstawiono możliwości wykorzystania takich struktur w nowoczesnych kartach pomiarowych. Współczesne algorytmy „szybkiej” obróbki danych, oparte na nowych procesorach przeznaczone są przede wszystkim do rozwiązywania złożonych algorytmów z zakresu regulacji. Dynamiczny rozwój nowych technologii i urządzeń stwarza nowe możliwości z zakresu przetwarzania sygnałów. Wzrost zapotrzebowania na specjalizowane karty pomiarowe stawia przed nauką nowe wyzwanie.

Autorzy pragną przedstawić opracowaną przez siebie specjalizowaną kartę pomiarową do wyznaczenia FFT. Karta ta wykonana w oparciu o technologię PLD pozwala na wyznaczenie do 2048 punktowej transformaty FOURIERA dla sygnałów rzeczywistych w paśmie do 125 MHz. Uniwersalność tej karty polega na tym, że możliwa jest jednoczesna ingerencja w postać sygnału poddawanego obróbce FFT, jak również zmiana i częściowe śledzenie przebiegu algorytmu FFT. Możliwy jest wybór standardowych okien obserwacji sygnału, lub też zaprogramowanie własnych. Wyniki obróbki sygnału mogą być prezentowane na ekranie komputera lub też przesłane do innych specjalizowanych procesorów sygnałowych.

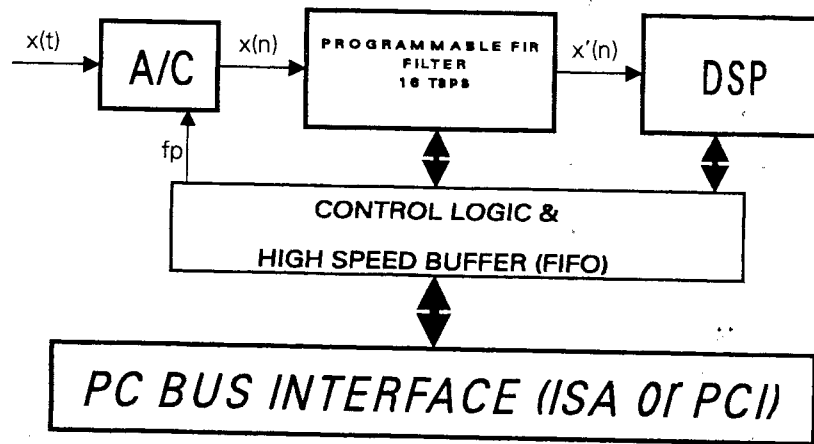
### Abstrakt

This paper is concerned ASIC - Application Specific Integrated Circuit - with signal processing. The paper shows new applications a Altera Corporation integrated circuit.

## 1. Wstęp

Na Rys.1 przedstawiono ogólny schemat blokowy specjalizowanej karty pomiarowej z wykorzystaniem FFT. W skład omawianej karty wchodzi:

- przetwornik A/C (10 b.);
- programowany filtr wejściowy;
- blok DSP;
- blok kontroli i przesyłania danych (FIFO);
- interfejs PC BUS (ISA lub PCI).



Rys.1. Ogólny schemat blokowy specjalizowanej karty pomiarowej FFT.

Rzeczywisty sygnał pomiarowy  $x(t)$  poddany konwersji A/C w przetworniku wejściowym tworzy ciąg binarnych próbek  $x(n)$ , które po przejściu przez programowany filtr 16o. punktowy poddawane są następnie przetwarzaniu w bloku DSP.

Do realizacji metody FFT wykorzystano znaną zależność na wyznaczenie wartości zespolonych składowych widma  $X(n)$  na podstawie binarnego ciągu próbek  $x(n)$ .

$$X(n) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) * (e^{(-j*2\pi/N)} )^{n*k} \quad (1)$$

gdzie:  $N$  - liczba punktów pomiarowych sygnału wejściowego  $x(t)$ ;

$K = (N/2)-1$ ;

$j = \sqrt{-1}$ .

Zależność (1) można przedstawić w alternatywnej postaci jako

$$X(n) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) * (W_N^{n * K}) \quad (2)$$

gdzie:  $W_N^k = e^{-j * 2 * \pi * k / N}$  jest macierzą zespolonych współczynników.

Na podstawie otrzymanej zależności (2) wyznacza się N/2 punktowe widmo amplitudowe oraz fazowe sygnału x(t).

Ze względu na skończony czas T obserwacji sygnału x(t) równy

$$T = N/f_p \quad (3)$$

gdzie:  $f_p$  – częstotliwość próbkowania sygnału x(t).

wyznaczone widmo sygnału X(n) jest zniekształcone.

Zastosowanie odpowiednio dobranej funkcji F(t) korygującej wartości x(n)

$$x''(n) = x(n) * F(n / f_p) \quad (4)$$

w oknie pomiarowym, umożliwia odpowiednią korekcję takich zniekształceń.

Do wyznaczania wartości  $x''(n)$  można użyć znane funkcje okien F(t)

- a) –prostokątne;
- b) – Harisa;
- c) – dowolnie zaprogramowane okno użytkownika.

Programowanie okna obserwacji użytkownika umożliwia podprogram o nazwie OKNO.exe.

Możliwe jest programowanie okna obserwacji poprzez:

- podanie zależności analitycznej opisującej funkcję F(t);
- tabelaryczne przedstawienie funkcji F(t);
- graficzne wykreślenie zależności F(t).

Podprogram OKNO.exe wyznacza także widmo zaprogramowanego okna obserwacji.

Programowany filtr wejściowy karty realizuje równanie filtru ze skończoną odpowiedzią (FIR) zgodnie z zależnością

$$x'(n) = \sum_{n=0}^{15} h(n) * x(n) \quad 5)$$

gdzie:

x(n) - wektor sygnałów wejściowych;

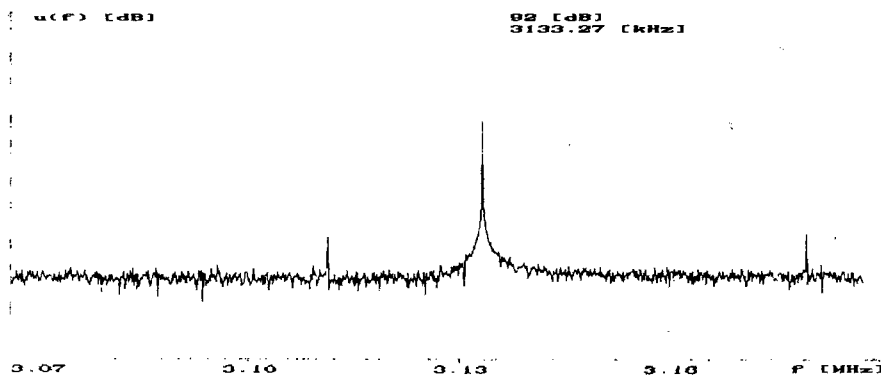
h(n) - wektor współczynników;

$x'(n)$  - wektor odpowiedzi.

Zmianę współczynników filtra  $h(n)$  można dokonać poprzez opcję FILTR w menu głównym programu obsługi karty FFT\_PPW.exe .

## 2. Wyniki pomiarów

Na Rys.2,3,4 przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów FFT z wykorzystaniem specjalizowanej karty pomiarowej .

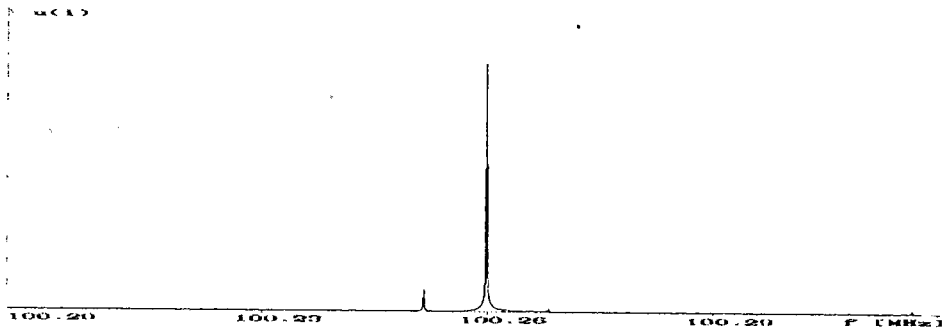


Rys.2. Widmo amplitudowe sygnału harmonicznego o częstotliwości  $f_s=3133.27$  [kHz]

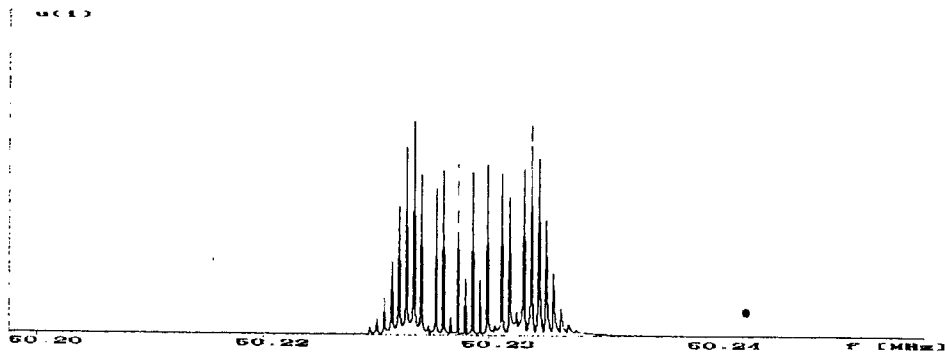
Rys.2 przedstawia widmo sygnału harmonicznego o częstotliwości  $f_s=3133,27$  [kHz] w skali decybelowej. Poziom zakłóceń jest na poziomie  $-73$  [dB] w stosunku do listka głównego.

Dokładność wyznaczania składowych widma dla wszystkich pomiarów jest na poziomie 35 [Hz] w paśmie 128 [kHz] wokół częstotliwości nośnej. Możliwe jest zobrazowanie szerszego pasma częstotliwości kosztem dokładności wyznaczania składowych widma.

Na Rys.3 przedstawiono widmo sygnału harmonicznego o częstotliwości 100.260 [MHz] w skali liniowej.



Rys2. Widmo amplitudowe sygnału harmonicznego o częstotliwości  $f_s=100.26000$  [MHz].



Rys3. Widmo amplitudowe sygnału harmonicznego o częstotliwości  $f_s=50.23000$  [MHz] i liniowej modulacji fazy.

## 5. Podsumowanie

W pracy przedstawiono możliwości wykorzystania specjalizowanej karty pomiarowej realizującej algorytm FFT. Zaprezentowane wyniki pomiarowe są dowodem jej możliwości w zakresie cyfrowego przetwarzania sygnałów. Omawiana karta pomiarowa oparta na najnowszej technologii PLD, wykorzystana może być z powodzeniem w badaniach przy DSP jak również specjalizowanych laboratoriach technicznych. Dostępne są dwie wersje rozwiązań tej karty. Wersja ze złączem ISA przeznaczona do pracy w środowisku DOS oraz wersja PCI przeznaczona do pracy w środowisku WINDOWS 95.

## LITERATURA

- [1]- Randall R.B.: *Application of B K Equipment to Frequency Analysis – Bruell Kjaer, Denmark 1977*.
- [2]- Digital Video & Digital Signal Processing: *GEC Plessey 1993r.*
- [3]- Altera Corporatin 2610 Orchard Parkway: *10k100 Handook 1997r.*
- [4]- Altera Corporatin 2610 Orchard Parkway: *Data Book1997r.*